



Universidad
Carlos III de Madrid
www.uc3m.es

COLECCIÓN DE PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA Y CONTROL DE RUIDO

GRADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS AUDIOVISUALES

Luis Antonio Azpicueta Ruiz

José Luis González de Suso

Iván González Díaz

Sergio Sanz Rodríguez Escalona

Eduardo Martínez Enríquez

Junio 2014



Edición sostenible editado como documento electrónico de lectura en pantalla. Si no es necesario, no los imprimas. Si los imprimes, hazlo a doble cara.

Edición: **Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones**

© **Los autores**



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons: Reconocimiento - No comercial - Sin obras derivadas: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

Introducción y objetivos

La asignatura *Instrumentación Acústica y Control de Ruido* está encuadrada en el cuarto curso del Grado de Ingeniería de Sistemas Audiovisuales en la Universidad Carlos III de Madrid. Esta materia trata de formar a los estudiantes en lo que se refiere a cómo se diseña la instrumentación utilizada en la mayoría de las medidas acústicas, y a cómo hay que proceder en la realización de las medidas más habituales en acústica ambiental y de la edificación. El objetivo de esta asignatura es formar profesionales cualificados que puedan ejercer como técnicos especialistas y directores técnicos en laboratorios de acústica.

Para ello, mediante dicha asignatura, se adquieren principalmente estas competencias:

- Asimilación y comprensión de los principios de diseño y utilización de la instrumentación acústica más empleada en los laboratorios de acústica.
- Conocimiento y comprensión de la normativa actual en cuanto a medidas acústicas se refiere.
- Adquisición de experiencia práctica en medidas de campo similares a las medidas habituales de los laboratorios de acústica.
- Asimilación de la sistemática de emisión de informes conforme a normativa internacional y nacional.
- Conocimiento de los requisitos que imponen las normativas de calidad en la estructura y funcionamiento de los laboratorios de ensayo.

En el entorno socioeconómico actual, se distinguen en España principalmente dos tipos de laboratorios que realizan medidas acústicas: aquellos que disponen de instalaciones para realizar mediciones en entornos controlados (cámaras de transmisión, cámaras anecoicas y/o cámaras reverberantes) y aquellos que realizan medidas acústicas *in situ*.

Para el laboratorio de la asignatura Instrumentación Acústica y Control de Ruido se han seleccionado una serie de mediciones representativas de las medidas que usualmente realizan ambos tipos de laboratorios. Concretamente, se llevan a cabo experimentos relacionados con:

- Ruido ambiental de infraestructuras.
- Ruido ambiental de emisores acústicos.
- Potencia acústica de máquinas.
- Aislamiento acústico a ruido aéreo entre locales.
- Aislamiento acústico de suelos a ruido de impacto.
- Tiempo de reverberación.

Con el objetivo de que el alumno adquiriera los conocimientos necesarios y se familiarice con este tipo de medidas, se han definido una serie de prácticas:

- Práctica 1. Introducción al sistema de medida Symphonie. En esta práctica, el alumno adquiere destreza utilizando un analizador acústico bicanal en tiempo real, similar a la instrumentación utilizada en los laboratorios del sector.
- Práctica 2. Introducción a medidas acústicas. En esta práctica, los estudiantes deben demostrar sus conocimientos en la interpretación de documentación relativa a sensores acústicos. Además, se profundiza en el estudio de los analizadores sonoros en diferentes situaciones, tanto en modo sonómetro, como sonómetro integrador o analizador sonoro en tiempo real.
- Práctica 3: Determinación de diferentes índices de ruido ambiental. Esta práctica está orientada al estudio de diferentes índices acústicos, como niveles equivalentes, niveles percentiles, etc., así como a la definición y detección de eventos acústicos. Todo ello se utilizará para llevar a cabo una medida del ruido ambiental de una infraestructura: una autovía.
- Práctica 4: Medida de ruido ambiental en actividades según el Real Decreto 1367/2007. Esta práctica tiene como objetivo la realización de una de las medidas más demandadas en acústica ambiental: la medida de ruido ambiental en actividades. Tomando como ejemplo la actividad de un bar colindante con diferentes locales, los alumnos deberán emitir un informe donde se declare conformidad con respecto al citado Real Decreto.
- Práctica 5: Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido en cámara anecoica. Esta práctica, única representante de la actividad de los laboratorios de ensayo con instalaciones, servirá para que el alumno adquiriera conocimientos sobre por qué medir potencia acústica, y como, el hecho de contar con un entorno controlado (cámara anecoica), permite simplificar la determinación de la potencia acústica realizando, simplemente, medidas de presión sonora.
- Práctica 6: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales y del aislamiento acústico de suelos al ruido de impacto. En esta práctica se desarrollan las medidas más importantes de acústica de la edificación, puesto que, además de medir los aislamientos citados en el título de la misma, los alumnos deben realizar medidas del tiempo de reverberación para proceder a la determinación de los aislamientos.

Cabe citar que, en la mayoría de las prácticas, los alumnos no sólo llevan a cabo las medidas y los cálculos necesarios para la determinación de los índices acústicos

pertinentes, sino que generan informes de ensayo con los mismos requisitos que los impuestos por la administración a las diferentes empresas del sector.

Como conclusión a esta introducción, señalar que estas medidas coinciden con la actividad más habitual de laboratorios de acústica acreditados por la entidad nacional de acreditación en España, y que cuentan con una acreditación de calidad como laboratorios de ensayo.

Contenido

Práctica 1. Introducción al sistema de medida Symphonie	9
1. Introducción.....	9
2. Pasos para realizar una medida estándar	10
3. <i>Leq</i> y ponderaciones temporales: Fast, Slow, Impulse.....	10
3.1. Introducción teórica.....	10
3.2. Medidas propuestas	12
3.3. Preguntas	13
4. Espectros y ponderaciones frecuenciales	13
4.1. Medidas propuestas	13
4.2. Preguntas	14
5. Memoria de la práctica	16
Práctica 2. Introducción a medidas acústicas	17
1. Introducción y objetivos	17
2. Materiales	17
3. Estudio de documentación técnica	17
4. Comprobación de la calibración del micrófono	18
5. Funcionamiento como sonómetro básico. Constantes temporales	18
6. Funcionamiento como sonómetro integrador. Ponderaciones frecuenciales.....	18
7. Funcionamiento como sonómetro integrador. Niveles continuos equivalentes ..	19
8. Funcionamiento como analizador sonoro.....	19
9. Funcionamiento como analizador sonoro. Evaluación de la respuesta de los filtros de octava y de tercio de octava	20
10. Memoria de la práctica.....	20
Práctica 3. Determinación de diferentes índices de ruido ambiental.....	21
1. Introducción y objetivos	21
2. Materiales	21
3. Medida a realizar	21
3.1. Definición de algunos parámetros de medida	24
3.1.1 <i>Percentiles o índices del nivel de la señal LAN</i>	24
3.1.2 <i>Nivel de contaminación sonora LNP</i>	24
3.1.3 <i>Nivel de ruido de tráfico TNI</i>	25
3.1.4 <i>Nivel sonoro promediado día/noche LDN</i>	25

4. Guía para realizar la medida.....	25
5. Obtención de los datos a medir.....	27
6. Preguntas acerca de la práctica.....	27
7. Memoria de la práctica	28
Anexo 1. Plantilla para la realización del informe	29
Práctica 4: Medida de ruido ambiental en actividades según el Real Decreto 1367/2007	31
1. Introducción y objetivos	31
2. Materiales	31
3. Presentación del problema.....	31
4. Estudio y análisis de la documentación (A realizar previamente).....	32
4.1. Estudio previo.....	32
4.2. Preguntas.....	33
5. Realización de las medidas (A realizar en el laboratorio).....	33
5.1. Medidas a realizar.....	33
5.2. Preguntas	34
6. Elaboración del informe (A realizar con posterioridad).....	34
7. Memoria	35
Práctica 5: Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido en cámara anecoica.....	37
1. Introducción y objetivos	37
2. Materiales	37
3. Medida a realizar	38
4. Realización de la práctica	39
4.1. Requisitos previos.....	39
5. Preguntas acerca de la práctica.....	41
6. Memoria	42
7. Referencias	42
Práctica 6: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales y del aislamiento acústico de suelos al ruido de impacto	43
1. Introducción y objetivos	43
2. Materiales	43
3. Medida a realizar	43
4. Realización de la práctica	44

4.1.	Medida del tiempo de reverberación	44
4.2.	Medida de aislamiento al ruido aéreo entre locales	44
4.3.	Medida de aislamiento al ruido de impacto	44
5.	Preguntas acerca de la práctica	45
6.	Memoria	45
7.	Referencias	46

Práctica 1. Introducción al sistema de medida Symphonie

1. Introducción

En esta práctica se realizará una primera aproximación a la utilización de un analizador sonoro en tiempo real, tanto en su funcionamiento como sonómetro básico como en su utilización como sonómetro integrador. El sonómetro básico es un dispositivo que nos permite realizar medidas de nivel de presión acústica. Consta de varias etapas, resumidas a continuación:

Etapas de adquisición: formada por un transductor (micrófono) que transformará la magnitud del fenómeno físico (presión) en una señal eléctrica de entrada al procesador.

Etapas de acondicionamiento: transforma o amplifica la señal de entrada para su posterior análisis.

Etapas de procesamiento: etapa de tratamiento de la señal que se encarga de calcular las medidas que interesen.

Etapas de salida: finalmente, algunos analizadores poseen una salida para la conexión con una posible interfaz ubicada en un computador.

Utilizaremos como sistema de referencia el sistema de medida *Symphonie* (ver Figura 1). Este sistema consiste en uno o dos transductores conectados a una unidad de adquisición de datos de dos canales que transfiere, en tiempo real, la señal adquirida a un computador a través de una interfaz PCard (PCMCIA). Este sistema no se puede considerar técnicamente solo un sonómetro, sino que incluye una funcionalidad mucho mayor.

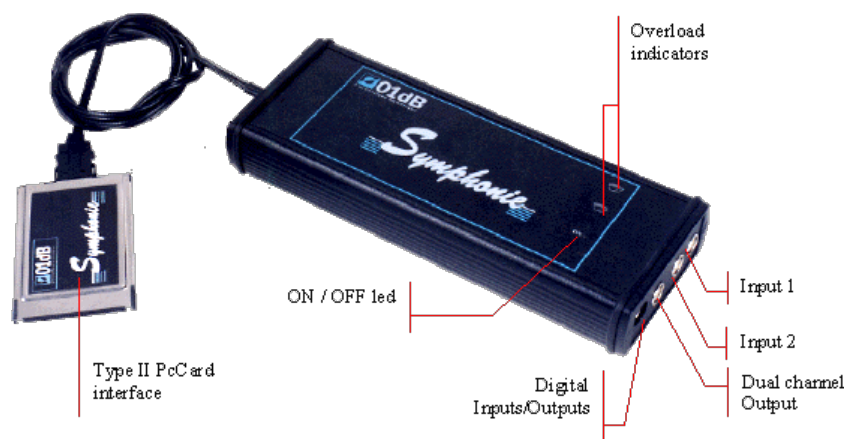


Figura 1. Sistema de medición de Symphonie.

Asimismo, el sistema cuenta con un software específico (dBTRIG32, dBTRAIT32, dBBATI32, dBENV32, dBFA32) que añade funcionalidad al equipo permitiendo, por ejemplo, analizar la señal capturada.

2. Pasos para realizar una medida estándar

A continuación se muestran los pasos habituales a seguir para realizar una medida estándar en el sistema Symphonie.

1. **Conectar el Hardware** y configurar sus características utilizando el programa dBCONFIG32.
2. **Abrir un nuevo fichero de medida.** Abrir el programa dBTRIG32, seleccionar *Configuración/nuevo* o *Abrir* un fichero existente. Una vez abierto y seleccionado el *switch* a ON, en la pantalla aparecerá una visualización en tiempo real de las señales capturadas.
3. **Fijar los parámetros del sistema.** Seleccionar *Configuración/parámetros*. Aquí se pueden modificar datos de adquisición, almacenamiento, parámetros de umbrales y ganancias, calibración automática, etc.
4. **Fijar el rango dinámico de la medida.** Seleccionar *Configuración/Rango dinámico* y fijar el rango adecuado. Se puede realizar un ajuste automático en *Configuración/parámetros/Parámetros Avanzados* en la pestaña de ganancia automática.
5. **Fijar los parámetros de visualización.** Seleccionar qué valores se quieren ver en la pantalla y cómo se quieren distribuir; utilizar la pestaña *Pantalla*.
6. **Verificar la calibración.** Realizar una medida con un calibrador para comprobar que el sistema está calibrado. NOTA: nunca se debe calibrar para evitar modificar la traza. Con el objetivo de evitar cualquier problema, se recomienda no entrar en el menú de calibración del software.
7. **Comenzar la medida de interés.** Utilizar los botones de *Inicio*, *Stop* y *pausa*.

3. Leq y ponderaciones temporales: Fast, Slow, Impulse

3.1. Introducción teórica

Leq: es el nivel de presión continua equivalente (en decibelios) en un intervalo de tiempo. Este es el nivel de un sonido continuo constante que, en un intervalo de tiempo t_2-t_1 , tiene el mismo valor cuadrático medio que el sonido bajo consideración cuyo nivel varía en el tiempo.

El cálculo viene dado por:

$$L_{eq,T} = 10 \log \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2} dt \quad (1)$$

Donde:

- $L_{eq,T}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente, en decibelios, determinado sobre un intervalo de tiempo de referencia T que comienza en t_1 y termina en t_2 .
- p_{ref} es el nivel de presión sonora de referencia (20 μ Pa).
- $p(t)$ es la presión acústica instantánea de la señal.

NOTA ACLARATORIA:

El parámetro L_{eq} es una cantidad en dB, resultante de promediar linealmente los niveles de presión en un intervalo temporal. Es por tanto, un parámetro que NO VARÍA CON EL TIEMPO (al menos en el intervalo temporal en el que se define). El módulo dBTRIG32, sin embargo, permite visualizar una variación temporal del L_{eq} calculado con respecto a la base de tiempos que se configure en configuración/parámetros/medida/Global. Entonces, para cada intervalo de la base de tiempos, se calculará un L_{eq} , y se irán mostrando sucesivamente los mismos para dar así una idea de la variación de nivel de la señal. Por otro lado, dBTRIG32 permite obtener el valor del L_{eq} promedio, que no es más que el L_{eq} calculado con respecto al intervalo total de la medida.

En general, en medidas acústicas, el parámetro L_{eq} es útil con respecto a periodos de cierta duración (1h, días,...) o asociados a la duración de eventos significativos (por ejemplo, los segundos de ruido asociados al paso de un tren en una vía).

Asimismo existen diferentes ponderaciones para la observación de la señal temporal muestreada que se recoge del sonómetro. Estas ponderaciones se utilizan para visualizar con más facilidad las medidas que se están realizando. Así, dependiendo del tipo de señal que se recoge y los datos que nos interese analizar, cada una de estas ponderaciones es más o menos adecuada.

Fast: es el resultado de una integración de tipo RC con una constante de tiempo (TC) de 125 ms. Dado que el nivel de entrada varía de X a Y y se mantiene en Y, la constante de tiempo es el tiempo necesitado por el detector para alcanzar el 63% de la distancia entre X e Y (como se puede ver en la Figura 2).

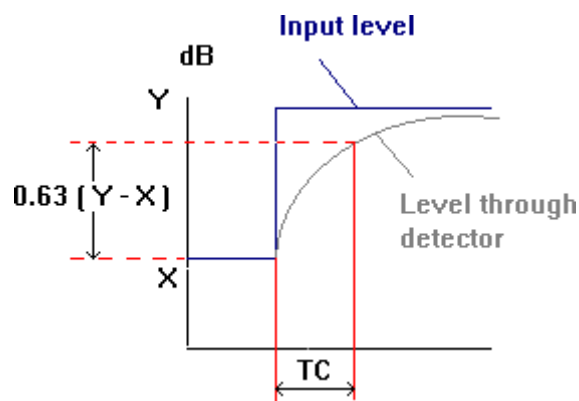


Figura 2. Integración RC.

Slow: es el resultado de una integración de tipo RC con una constante de tiempo de 1 s.

Impulse: es una ponderación asimétrica que permite detectar ruidos de carácter impulsivo.

3.2. Medidas propuestas

Establezca la siguiente configuración de los parámetros de medida:

En el menú de parámetros de adquisición *Configuración/parámetros/medida*:

- */global*: Asegúrese de que la frecuencia máxima cubre la banda de audio (20 kHz) y la base de tiempos es de 60ms.
- */Canal*: Además, aplique ponderaciones en frecuencia lineales (Lin) para el nivel equivalente (*Leq*).
- */Canal*: activar las ponderaciones temporales (*constante de tiempo*) y desactivar el resto.

En el menú de parámetros de almacenamiento *Configuración/parámetros/almacenamiento*:

- */global*: Utilice la configuración de grabación manual (*disparo manual*), con una duración de 10 segundos.
- */canales*: De las magnitudes que estén siendo medidas seleccione el parámetro *Leq* y las ponderaciones temporales *fast* y *slow* para ser almacenadas.

Genere una carpeta en *D:\prácticaI\grupo#*. Genere en dicha carpeta un nuevo nombre de archivo de grabación en *\Medida\Nuevo Nombre de Archivo* que se llamará *MedidaLeqyPonderacionesTemporales*.

A continuación, reproduzca la pista 1 del CD de la práctica e inicie manualmente la grabación. La pista a reproducir contiene el sonido percutido de un bombo.

Abra, con el programa dBbati32, la medida tomada y observe las medidas que ha almacenado: *Leq*, *fast* y *slow*.

3.3. Preguntas

P1.1 A tenor de los resultados, comente las principales características de cada una de las señales observadas y explique el porqué de las diferencias entre las mismas. Calcule, además, el valor del *Leq* en los 10 segundos de medida. Incluya las medidas que ha almacenado en la memoria. Para ello, maneje los cursores que marcan los límites de la misma, visualizando en la barra superior el valor del *Leq* asociado a los 10 segundos de medida.

P1.2 Situando los cursores en los extremos (inicio y fin) de uno de los golpes de bombo, mida el *Leq* asociado al golpeo. Anote a su vez los valores para cada una de las muestras que componen el golpeo. Con dichos valores, calcule de forma teórica el *Leq* asociado al golpeo y compruebe que el valor coincide con el obtenido por el programa (en la memoria se exigen detalles de los cálculos necesarios para obtener el *Leq*).

Guarde, en un fichero y en formato de imagen, las gráficas que se obtienen (*\edición\copiar*).

4. Espectros y ponderaciones frecuenciales

4.1. Medidas propuestas

A lo largo de este apartado se utilizarán las funcionalidades de visualización de espectros del sonómetro Symphonie. Aunque sí visualizará en todo momento el nivel equivalente de señal (*Leq*), nuestro objetivo es estudiar el espectro de las señales que se reproducen.

Establezca la siguiente configuración de los parámetros de medida:

En el menú de parámetros de adquisición *Configuración/parámetros/medida* :

- */global*: Asegúrese de que la frecuencia máxima cubre la banda de audio (20 kHz) y la base de tiempos es de 100ms.
- */Canal*: Además, aplique ponderaciones en frecuencia lineales (Lin) tanto para el nivel equivalente (*Leq*) como para la señal de pico.

- /Canal: Desactive las ponderaciones temporales (*constante de tiempo*) y las medidas de psicoacústica (no es imprescindible).
- En la sección de adquisición de espectros seleccione el *Leq*, marque la opción 1/3 de octava y elija las frecuencias máxima y mínima 20 KHz y 20 Hz respectivamente.

En el menú de parámetros de almacenamiento *Configuración/parámetros/almacenamiento*:

- /global: Utilice la configuración de grabación manual (*disparo manual*), con una duración de 10 segundos.
- /canales: De las magnitudes que estén siendo medidas seleccione el nivel equivalente (*Leq*) para ser almacenado. Marque además la casilla referida al *almacenamiento de espectros*, seleccionando a su vez la opción correspondiente al almacenamiento continuo de los mismos.

En el menú de configuración de visualización *Pantalla*:

- /espectro: en la configuración particular de espectros seleccione el modo automático y muestre el espectro máximo.

4.2. Preguntas

P1.3 Defina el concepto de octava y la relación existente entre el ancho de banda y la frecuencia central de la misma, y la relación entre dos frecuencias centrales consecutivas. Haga lo mismo para los tercios de octava.

Genere un nuevo nombre de archivo de grabación en *\Medida\Nuevo Nombre de Archivo* que se llamará *MedidaRuidoBlanco*.

A continuación, reproduzca la pista 2 del CD de la práctica e inicie manualmente la grabación. La pista a reproducir contiene un ruido blanco continuo en el tiempo.

Abra, con el programa dBbati32, la medida tomada y observe las medidas que ha almacenado: temporal (*Leq*) y frecuencial (*Autoespectro*).

P1.4 A tenor de los resultados, comente las principales características frecuenciales (a través del espectro) y temporales (a través del *Leq*) de la señal que está reproduciendo. ¿Cuál es la RAZÓN PRINCIPAL de que el espectro no sea plano? Incluya la medida que ha almacenado en la memoria. Calcule, además, el valor del *Leq* en los 10 segundos de medida.

Guarde, en un fichero y en formato de imagen, las gráficas que se obtienen (*\edición\copiar*).

Genere un nuevo nombre de archivo de grabación en *\Medida\Nuevo Nombre de Archivo* que se llamará *MedidaRuidoRosa*.

A continuación, reproduzca la pista 3 del CD de la práctica e inicie manualmente la grabación. Esta pista contiene un ruido rosa continuo en el tiempo.

P1.5 A tenor de los resultados, comente las principales características frecuenciales (a través del espectro) y temporales (a través del *Leq*) de la señal que está reproduciendo. ¿Se aproxima el espectro obtenido al esperado en función de la teoría?. Explique, en su caso, las posibles diferencias entre el espectro visto en teoría y el obtenido en esta práctica (factores que puedan haber causado las anomalías si las hubiese). Calcule, además, el valor del *Leq* en los 10 segundos de medida

Active ahora, en *Configuración/parámetros/medida/Canal*, la ponderación frecuencial de tipo A en los parámetros de adquisición para la medida *Leq*.

Genere un nuevo nombre de archivo de grabación en *\Medida\Nuevo Nombre de Archivo* que se llamará *MedidaRuidoRosaA*.

A continuación, reproduzca la pista 3 del CD de la práctica e inicie manualmente la grabación. Esta pista contiene un ruido rosa continuo en el tiempo.

P1.6 Comente e incluya en la memoria los nuevos resultados obtenidos en la medida del nivel equivalente *Leq*. Calcule el valor del *Leq* en los 10 segundos de medida ¿Coincide con el caso anterior? ¿Por qué? Describa la utilidad de la ponderación A a partir de la información que encuentre en la bibliografía básica de la asignatura.

P1.7 Realice un estudio de las diferentes curvas de ponderación frecuencial, indicando bajo qué condiciones se emplea cada una.

P1.8 Compare el modelado del oído humano que realizan los siguientes elementos:

- Curvas isofónicas.
- Organización del eje frecuencial en filtros de octava.

P1.9 Utilizando la herramienta MATLAB, genere una función que calcule el *Leq* en un intervalo temporal T. La función tendría la siguiente estructura:

$$Leq = \text{calculaLeq}(x, t_{\text{inicio}}, t_{\text{fin}})$$

donde *Leq* es el valor Leq,T con $T = t_{\text{fin}} - t_{\text{inicio}}$, x es un vector de datos y t_{inicio} y t_{fin} son tiempos en segundos.

Evalúe dicha función sobre la variable x contenida en el fichero *sample.mat* que se adjunta a la práctica. Considere que la variable x es una secuencia de la variación de nivel (en dBs) sobre una base de tiempos de BT=100 ms. Calcule los valores *Leq* para los siguientes casos:

- $t_{\text{inicio}}=0$, $t_{\text{fin}}=50$ seg.
- $t_{\text{inicio}}=12$, $t_{\text{fin}}=24$ seg.

5. Memoria de la práctica

Se entregará una memoria por grupo de prácticas en la que se incluya lo requerido (respuestas, explicaciones, gráficas, código) en las preguntas expuestas a lo largo del enunciado (marcadas con P), aparte de cualquier aportación que el alumno estime oportuna.

Práctica 2. Introducción a medidas acústicas

1. Introducción y objetivos

En esta práctica trataremos de afianzar los contenidos teóricos de la primera parte de la asignatura, así como las nociones de manejo del sistema Symphonie adquiridas en la práctica anterior. Para ello, se trabajará con documentación técnica y diferentes instrumentos, incluyendo el analizador sonoro en tiempo real Symphonie. Además, la práctica servirá para explicar diferentes actividades de carácter básico que se realizarán en otras prácticas de la asignatura, haciendo hincapié en particularidades importantes de medidas acústicas.

2. Materiales

En la práctica hará uso de los siguientes materiales:

- Analizador sonoro en tiempo real Symphonie.
- Calibrador acústico.
- Equipos para la generación de las señales a medir: generador de ruido, fuente dodecaédrica, altavoz de graves, etc.

3. Estudio de documentación técnica

El objetivo del presente apartado será valorar la información de hojas de características de micrófonos y preamplificadores comerciales.

En la mesa dispone de diferente documentación técnica (hojas de características) de micrófonos y preamplificadores de dos marcas comerciales. Estúdiela y responda:

P2.1 ¿Cuál considera que es el mejor micrófono de la marca GRASS? Explique en la memoria sus criterios de selección.

P2.2 ¿Cuál considera que es el mejor preamplificador de la marca GRASS? Explique en la memoria sus criterios de selección.

P2.3 Si se utilizan juntos el micrófono y el preamplificador seleccionados en P2.1 y P2.2, calcule la sensibilidad en carga en dB y en mV/Pa.

P2.4 ¿Qué margen de sensibilidades en circuito abierto se puede obtener (con un 95 % de probabilidad) si se utiliza el micrófono indicado en P2.1?

P2.5 ¿Por qué las cartas de calibración de unos preamplificadores y micrófonos Brüel&Kjaer se suministran juntas? ¿Qué tipo de micrófono son?

4. Comprobación de la calibración del micrófono

La primera tarea experimental a realizar es la comprobación de la calibración del micrófono con el calibrador sonoro sin modificar su traza. Para ello, inserte el calibrador (supuesto recién calibrado en laboratorio acreditado) y compruebe la calibración por medio de una medida normal de nivel sonoro, utilizando dBTRIG32.

P2.6 ¿Cuál de los dos micrófonos, cuyas características están previamente incluidas en la base de datos del software dBCONFIG32, se corresponde con el micrófono utilizado?

P2.7 ¿Por qué la medida no da como resultado exactamente 94 dB?

NUNCA ENTRE EN EL MENÚ DE CALIBRACIÓN DEL ANALIZADOR

5. Funcionamiento como sonómetro básico. Constantes temporales

El objetivo de este apartado será la valoración de la influencia de las distintas constantes temporales *fast*, *slow* e *impulse*.

P2.8 Realice una medida de un ruido y visualice el resultado utilizando constante *slow* y constante *fast*. ¿Por qué esa diferencia de resultado ante esta señal "estable"?

P2.9 Realice una medida de una señal impulsiva y visualice el resultado con constante *slow*, *fast* e *impulse*.

6. Funcionamiento como sonómetro integrador. Ponderaciones frecuenciales

A continuación se realizará una valoración de las ponderaciones frecuenciales y se estudiarán las características de densidad espectral de potencia de los ruidos blanco y rosa.

P2.10 Dado un **ruido 1**: Obtenga el resultado del L_{eq} en ponderación A, ponderación C y ponderación Z. Repita la medida para un **ruido 2**, obteniendo los mismos parámetros.

P2.11 ¿Cuál de los dos ruidos (1 y 2) es ruido blanco? ¿Cuál es ruido rosa? ¿Por qué?

7. Funcionamiento como sonómetro integrador. Niveles continuos equivalentes

A continuación se resumen los objetivos de este apartado:

- Medir niveles continuos equivalentes.
- Discriminar entre nivel de ruido ambiental existente y nivel de ruido atribuible a un emisor acústico.
- Calcular niveles continuos equivalentes utilizando muestras de diferente tipología.

P2.12 Realice tres medidas de 1 minuto de duración de un paso de tren (incluyendo el ruido de fondo). De esa forma se ha obtenido una muestra de cada tipo de tren (contaminadas por ruido de fondo). Considerando que para cada tipo de tren se cuenta con esta información:

TIPO A: 5 pasos/hora

TIPO B: 3 pasos/hora

TIPO C: 10 pasos/hora.

- Calcule el L_{Aeq} del periodo de 8 horas existente en ese punto.
- Calcule el L_{Aeq} del periodo de 8 horas sólo imputable a la infraestructura, es decir, a la actividad ferroviaria.

8. Funcionamiento como analizador sonoro

En este apartado se estudiará el análisis en frecuencia de una señal con filtros de ancho de banda porcentual o logarítmico.

Mida durante 10 segundos un ruido rosa y evalúe su espectro en tercios de octava.

P2.15 ¿Por qué no coincide exactamente el valor numérico del nivel global obtenido en la pantalla de analizador sonoro con el obtenido en la de sonómetro integrador? Calcule el valor en banda ancha partiendo del espectro en 1/3 de octava.

P2.16 Si estamos emitiendo ruido rosa y midiendo con un banco de filtros de $1/3$ de octava, ¿por qué no se visualiza una curva de respuesta plana?

9. Funcionamiento como analizador sonoro. Evaluación de la respuesta de los filtros de octava y de tercio de octava

P2.17 Mida durante 10 segundos los tonos puros que se reproducirán. Evaluando tanto el espectro en bandas de tercio de octava como el espectro en octavas, estime la frecuencia de estos tres tonos puros.

10. Memoria de la práctica

Se entregará una memoria por grupo de prácticas en la que se incluirá lo requerido (respuestas, explicaciones, gráficas, código) en las preguntas expuestas a lo largo del enunciado (marcadas con P), aparte de cualquier aportación que el alumno estime oportuna.

Práctica 3. Determinación de diferentes índices de ruido ambiental

1. Introducción y objetivos

En la presente práctica se realizarán varias medidas relacionadas con índices de ruido ambiental haciendo uso de los conocimientos adquiridos en prácticas anteriores. El objetivo será elaborar un informe del ruido ambiental de una infraestructura (en este caso, el ruido ambiental debido al tráfico en una autovía). Además, en las medidas se utilizará la funcionalidad de eventos de Symphonie, muy útil para detectar intervalos temporales de especial interés.

El sonómetro Symphonie permite además manejar eventos definidos mediante disparos. En particular, se pueden definir:

- Eventos de grabación de audio.
- Eventos de almacenamiento de espectro.
- Codificación de eventos.
- Eventos de alarma.

Como se puede intuir, el hecho de incluir estos elementos en una medición permite realizar tareas selectivas ante la aparición de un cierto evento sonoro. Así se podrá limitar el almacenamiento y la adquisición de información a los instantes interesantes.

2. Materiales

En la práctica hará uso de los siguientes materiales:

- Analizador sonoro en tiempo real Symphonie.
- Calibrador acústico.
- Equipos para simular, en un entorno controlado, el tráfico de una autovía.

3. Medida a realizar

En este apartado se realizará una medida de ruido ambiental en una carretera. Para ello se dispone de una pista de 2 minutos y 50 segundos de duración (pista 1 del CD de la práctica).

Supondremos que dicha pista se corresponde con una grabación de 24 horas. Las 24 horas se dividen en dos periodos:

- Periodo diurno: de 08:00 horas a 22:00 horas (en la pista consideraremos dicho periodo de 0:00 a 2:00).
- Periodo nocturno: de 22:00 horas a 08:00 horas (en la pista consideraremos dicho periodo desde 2:00 a 2:50).

Los requisitos sobre las medidas de ruido varían en cada uno de los periodos, ya que en los periodos nocturnos se requieren niveles inferiores de ruido (pues el ruido debido a otros factores se estima inferior y las molestias a igual nivel superiores a las del periodo diurno por el normal descanso de la población).

Usted trabaja en una empresa dedicada a la consultoría y soluciones en el área de la acústica ambiental y es el responsable de las medidas de ruido ambiental en una autovía de su región. El objetivo de dichas medidas es la determinación del nivel de ruido ambiental generado por una infraestructura en una zona residencial cercana a dicha autovía. Por lo tanto, tendrá que enviar un informe con las medidas que haya tomado.

Para realizar su trabajo cuenta con la herramienta de medida Symphonie y el software de adquisición y análisis que ésta incorpora. En particular, para este trabajo le serán de utilidad los programas dBTRIG32 y dBTRAIT32.

En el “Anexo 1. Plantilla para la realización del informe” se adjunta el modelo de informe que ha de entregar a su cliente con los resultados finales de su trabajo.

En particular, dicho informe deberá contener:

1. Para la **medida global (24h)** se obtendrán diferentes parámetros, SIEMPRE CON PONDERACIÓN FRECUENCIAL A:
 - a) Nivel sonoro continuo equivalente $LA_{eq,T}$: Como el nivel Leq debe ser expresado junto con su periodo, considere éste en los términos simulados (como si la medida durase 24 horas). Esta configuración de los periodos será mantenida en todo el informe.
 - b) $LA_{MAX,T}$ y $LA_{MIN,T}$.
 - c) Percentiles $LA_{1,T}$, $LA_{5,T}$, $LA_{10,T}$, $LA_{50,T}$, $LA_{90,T}$, $LA_{95,T}$ y $LA_{99,T}$. (ver sección 3.1.1)
 - d) Desviación típica de las medidas instantáneas del parámetro LA_{eq}
 - e) Gráfica de la variación del Leq y las ponderaciones temporales *Fast* y *Slow* con una caracterización (explicación) de la naturaleza del ruido a partir de las mismas. La base de tiempos de dicha medida será de 100 ms.
 - f) Histograma de los niveles instantáneos LA_{eq} .
 - g) Histograma acumulado de los niveles instantáneos $LA_{eq,T}$.

- h) $LA_{eq,T}$, $LA_{MAX,T}$ y $LA_{MIN,T}$, en los intervalos más y menos ruidosos (Se usarán intervalos de 3 segundos, que simularán intervalos de 10 minutos), tomando una ventana temporal (paso) de 1 segundo para el cálculo.
 - i) Nivel de contaminación sonora L_{NP} (ver sección 3.1.2)
 - j) Nivel de ruido de tráfico TNI (ver sección 3.1.3)
 - k) Nivel sonoro promediado día/noche (ver sección 3.1.4).
2. Para **cada periodo (diurno y nocturno)**, se obtendrán los siguientes parámetros, SIEMPRE CON PONDERACIÓN FRECUENCIA A:
- a) Nivel sonoro continuo equivalente $LA_{eq,T}$: Como el nivel Leq debe ser expresado junto con su periodo, exprese éste en los términos simulados (como si la medida durase 24 horas). Esta configuración de los periodos será mantenida en todo el informe.
 - b) Desviación típica de las medidas instantáneas del parámetro LA_{eq} .
3. Para ciertos **eventos de interés** se requerirá información extra. En particular, se medirán eventos de espectros y audio proporcionando el nivel LA_{eq} de los mismos, así como un gráfico de su espectro. Dichos eventos han de ser definidos con anterioridad e incluidos en el informe final. La definición de los eventos es la siguiente:
- a) Los eventos de interés serán aquellos en los que la medida del Leq instantáneo cumpla alguna de las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}
 LA_{eq,T_{bt}} &> LA_{eq,promedio} + 5dB \\
 LA_{eq,T_{bt}} &> LA_{50} + 10dB \\
 LA_{250Hz,T_{bt}} &> LA_{1kHz,T_{bt}} + 3dB \\
 LA_{2500Hz,T_{bt}} &> LA_{1kHz,T_{bt}} + 3dB
 \end{aligned} \tag{1}$$

donde bt es la base de tiempos que emplee en la medida, y LA_{50} es el percentil 50 que calculará cada 30 segundos.

4. Por otro lado, resulta interesante codificar (clasificar en tiempo real) aquellos eventos asociados a estímulos de alta y baja frecuencia. Así, en la gráfica de variación del nivel $LA_{eq,T}$ se observarán en un color característico. Codifique, por lo tanto, las fuentes asociadas a estos eventos. Los umbrales necesarios para localizar estas fuentes son:

$$Bajas_{frecuencias} \Rightarrow LA_{250Hz,T_{bt}} > LA_{1kHz,T_{bt}} \quad (2)$$

$$Altas_{frecuencias} \Rightarrow LA_{2500Hz,T_{bt}} > LA_{1kHz,T_{bt}} \quad (3)$$

Para las diferentes codificaciones de fuente se pide: Leq y % del tiempo que aparece.

3.1. Definición de algunos parámetros de medida

En esta sección se definirán algunos parámetros que deberán ser medidos o calculados en la práctica:

3.1.1 Percentiles o índices del nivel de la señal LAN

Se define un percentil $LA_{N,T}$ al nivel de presión sonora equivalente ponderado A (dB(A)) que es sobrepasado un N% del tiempo de medida indicado por el periodo T. Se trata por lo tanto de un índice calculado mediante un análisis estadístico del ruido.

Por ejemplo, un índice LA_{25} es el nivel de presión acústica en dB(A) que se sobrepasa un 25% del tiempo de observación.

3.1.2 Nivel de contaminación sonora LNP

Es el índice en dB(A) obtenido a partir del nivel de ruido equivalente LA_{eq} , teniendo en cuenta la fluctuación de niveles. Valora pues la reacción subjetiva al ruido, aunque presenta desventajas al basarse en niveles que varían de forma indistinta con la distancia (L_{50} y σ). Su expresión es:

$$L_{NP} = LA_{eq} + 2,56\sigma \quad \text{dB(A)} \quad (4)$$

3.1.3 Nivel de ruido de tráfico TNI

Es un índice empírico en dB(A) que tiene en cuenta el valor del nivel sonoro L_{90} y la dispersión del ruido. Para casos con circulación media y alta (por encima de 30 vehículos a la hora), este índice se calcularía como:

$$TNI = LA_{50} + 9\sigma - 30 \text{ dB(A)} \quad (5)$$

3.1.4 Nivel sonoro promediado día/noche LDN

Es el L_{eq} durante las 24 horas del día, aumentando 10 dB sobre los ruidos ocurridos durante el periodo nocturno.

4. Guía para realizar la medida

Para obtener las medidas indicadas, se presenta la siguiente ayuda en la **configuración de dBTRIG32**:

En el menú *Parámetros/Medida*:

- Asegúrese que se cubre toda la banda de audio y utilice una base de tiempos de 100ms.
- Emplee ponderación frecuencial A para el L_{eq}
- Mida espectros en 1/3 de octava sobre el L_{eq} (con ponderación frecuencial Z).
- Active las ponderaciones temporales (constantes de tiempo).
- Calcule en tiempo real un estadístico L_{50} sobre una ventana temporal de 30 segundos que será utilizado para codificar eventos.

En el menú *Parámetros/Almacenamiento*:

- Introduzca la duración de la medida a 2:56.
- Almacene el L_{eq} , y las ponderaciones temporales *Fast* y *Slow*.
- Active el almacenamiento de espectros (Promediado por evento).
- Active el registro de grabación de audio.

En el menú *Parámetros/Almacenamiento/Evento de Audio o Evento espectral* introduzca 3 disparos en la lista de disparos:

- Disparo general: este disparador será de tipo umbral y se activará cuando se cumpla alguna de las 4 condiciones descritas en la ecuación (1) (utilice el operador OR). Establezca además que el evento finalice cuando no se cumpla la condición.
- Disparo de bajas frecuencias: disparador de tipo umbral que se activará al cumplirse la condición descrita en la ecuación (2).
- Disparo de altas frecuencias: igual que el anterior, utilizando ahora la ecuación (3).

Como podrá observar, los tres disparos aparecerán en cualquiera de las pestañas asociadas a eventos (compruébelo en las pestañas *Evento de audio* y *Evento espectral*). Esto es así, pues la librería de disparadores es común a todos los eventos.

En el menú *Parámetros/Almacenamiento/Evento de Audio*:

- Asocie el evento a la condición de disparo correspondiente y seleccione un pre-disparo de -1000ms (un segundo antes de cumplirse la condición).

En el menú *Parámetros/Almacenamiento/Evento espectral*:

- Asocie el evento a la condición de disparo correspondiente y seleccione una ampliación de evento de 10 espectros antes y después.

Para la codificación de eventos, siga los dos pasos siguientes:

- Cambie el nombre de las fuentes de ruido en *Configuración/Nombres de Fuentes*. Introduzca “bajas frecuencias” y “altas frecuencias”.
- En *Configuración/Parámetros/Codificación de Fuentes*:
 - i. Permita múltiples códigos en la pestaña *Definición*.
 - ii. Seleccione el disparo adecuado para cada código en la pestaña *Codificar Evento*.

Genere un nombre para la medida en *Medida/Nuevo nombre de archivo*.

En este momento, estará en disposición de realizar la medida correspondiente.

5. Obtención de los datos a medir

Abra la medida utilizando el programa **dbTRAIT32**, programa que nos permitirá el análisis de la misma. A continuación se dan algunas ayudas para el manejo del programa:

1. **Ptos (a-d):** el cálculo de los niveles se puede hacer desde *Resultados/Leq y Ln*. Si desea seleccionar periodos más pequeños que la medida total puede seleccionar el intervalo temporal del cálculo. En este control las marcas internas localizan la medida real. Para el día, por ejemplo, ponga el inicio en la segunda marca y el final 2 minutos después.
2. **Pto (e):** en *Resultados/Historia Temporal* puede visualizar el L_{eq} y las ponderaciones que ha calculado. En la gráfica obtenida puede ver, además, cuándo se han almacenado espectros y audio asociados a eventos.
3. **Ptos (f-g):** Los histogramas e histogramas acumulados normalizados de los niveles instantáneos podrán verse en *Resultados/Distribución de Amplitudes* y *Resultados/Distribuciones Acumulativas*, respectivamente.
4. **Pto (h):** Los intervalos más o menos ruidosos se podrán manejar en el menú *Resultados/Periodo de Mayor nivel*. En la casilla *Periodo* incluya la longitud del periodo de interés, mientras que en la casilla *Paso* se configura la ventana temporal sobre la que se realizan las medidas.
5. **Eventos de espectro:** Para obtener las gráficas de los espectros y su valor de L_{eq} , visualice la variación del L_{eq} en *Resultados/Historia Temporal*, y vaya pinchando en cada uno de los eventos detectados (aparecerá un gráfica con el espectro y podrá medir el valor del L_{eq} en cada evento).
6. **Codificación de fuentes:** Para obtener la información relativa a la codificación de fuentes: En *Resultados/Fuentes por periodo*, podrá obtener los datos respectivos a los niveles de los diferentes eventos que ha codificado.

6. Preguntas acerca de la práctica

A continuación se detallan las preguntas que deberán contestarse en la memoria de la práctica.

P3.1 Genere, basándose en la plantilla que se incluye en el enunciado, el informe completo con todas las medidas y gráficas que se le solicitan.

P3.2 Explique el contenido de las gráficas de histograma e histograma acumulado. Explique cómo a partir del histograma se obtiene el histograma acumulado. ¿Puede relacionar alguna de ellas con los percentiles o índices de nivel LA_N ? Explique cómo obtendría el valor LA_{eq} a partir de cada una de las gráficas (no hace falta que lo calcule, únicamente explique cómo habría que calcularlo).

P3.3 ¿Coincide el percentil LA_{50} con el valor promedio $LA_{eq,T}$? Explique por qué. ¿Se le ocurre alguna condición que pueda cumplir el histograma de niveles instantáneos para que ambos valores coincidan?

P3.4 ¿Por qué utilizamos la ponderación frecuencial A en todas las medidas?

P3.5 A partir de la señal que contiene la variación de niveles equivalentes $LA_{eq}(A)$ en una $BT=100$ ms (fichero „sample.mat’ proporcionado con la práctica), genere un programa en MATLAB que calcule:

1. Tiempo total de la medida.
2. $LA_{eq}(A)$ para el tiempo total de la medida.
3. Histograma de niveles instantáneos con barras de 1 dB(A) (puede utilizar la función *hist* de MATLAB).
4. Histograma de niveles acumulados con barras de 1 dB(A).
5. Percentiles LA_N : proporcione resultados concretos para 1, 50, 99. Dado que no tendrá precisión suficiente (si lo hace a partir del histograma), elija el valor más cercano para cada percentil.

P3.6 Utilizando el mismo fichero que en la pregunta anterior, genere otro programa de MATLAB que realice lo siguiente:

1. Calcule, utilizando un mecanismo de ventana deslizante, el LA_{eq} de los últimos 1s (10 muestras). Lógicamente, se deberá proveer un valor de este LA_{eq} para cada base de tiempos.
2. Genere un disparador que utilice un umbral que utilice la medida del punto anterior siguiendo la siguiente ecuación:

$$LA_{eq} > LA_{eq,promedio} + 3dB \quad (6)$$

3. Calcule el Leq en los periodos en los que se activa el disparador.

Obtenga además una gráfica donde se observen los valores del LA_{eq} y el LA_{eq} promedio calculado para la ventana deslizante mostrando cuándo se activa el disparador.

7. Memoria de la práctica

Se entregará una memoria por grupo de prácticas en la que se incluya lo requerido (respuestas, explicaciones, gráficas, código) en las preguntas expuestas a lo largo del enunciado (marcadas con P), aparte de cualquier aportación que el alumno estime oportuna.

Anexo 1. Plantilla para la realización del informe

AUTOVÍA A-99 KM 45 (VILLANUEVA DE LAS MATAS) DÍA 13 DE OCTUBRE 2010 PERIODO DIURNO+NOCTURNO

Niveles equivalentes

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA _{eq} dB(A)	LA _{MAX} dB(A)	LA _{MIN} dB(A)	σ	LA _{eq} promediado día/noche dB(A)
Total	13/10/10 08:00	24 :00 :00	75,3	82,4	45,2	15,4	

Estadísticos de nivel

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA ₁ dB(A)	LA ₅ dB(A)	LA ₁₀ dB(A)	LA ₅₀ dB(A)	LA ₉₀ dB(A)	LA ₉₅ dB(A)	LA ₉₉ dB(A)
Total	13/10/10 08:00	24 :00 :00	81,6	80,4	78,3	74,2	52,4	51,3	47,2

Niveles de tráfico

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	L _{NP} dB(A)	TNI dB(A)
Total	13/10/10 08:00	12 :00 :00	72,3	75,2

Intervalo más ruidoso (10 minutos)

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA _{eq} dB(A)	LA _{MAX} dB(A)	LA _{MIN} dB(A)
Total	09/01/07 09 :24 :35	00 :10 :00	80,3	81,9	78,2

Intervalo menos ruidoso (10 minutos)

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA _{eq} dB(A)	LA _{MAX} dB(A)	LA _{MIN} dB(A)
Total	09/01/07 11:36 :01	00 :10 :00	50,3	51,9	46,2

Evolución temporal del LA_{eq} tomado cada 100 ms, y gráficas de Fast y Slow

INTRODUCIR GRÁFICA SOLICITADA Y EXPLICACIÓN DE LA NATURALEZA DEL RUIDO

Histograma de niveles instantáneos LA_{eq}

INTRODUCIR GRÁFICA SOLICITADA

Histograma acumulado de niveles instantáneos LA_{eq}

INTRODUCIR GRÁFICA SOLICITADA

AUTOVÍA A-99 KM 45 (VILLANUEVA DE LAS MATAS) DÍA 13 DE OCTUBRE 2010 PERIODO DIURNO

Niveles equivalentes

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA_{eq} dB(A)	σ
Total	13/10/10 08:00	14 :00 :00	75,3	15,4

AUTOVÍA A-99 KM 45 (VILLANUEVA DE LAS MATAS) DÍA 13 DE OCTUBRE 2010 PERIODO NOCTURNO

Niveles equivalentes

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA_{eq} dB(A)	σ
Total	13/10/10 22:00	14 :00 :00	75,3	15,4

AUTOVÍA A-99 KM 45 (VILLANUEVA DE LAS MATAS) DÍA 13 DE OCTUBRE 2010 EVENTOS DE INTERÉS

Eventos de espectro

INTRODUCIR GRÁFICAS SOLICITADAS E INCLUIR LOS VALORES DE LEQ

Codificación de fuente

Nombre	Hora de inicio	Tiempo Total	LA_{eq} dB(A)	%
Bajas frecuencias	13/10/10 08:00	24 :00 :00	75,3	23,4
Altas frecuencias	13/10/10 08:00	24 :00 :00	72,3	34,4

Práctica 4: Medida de ruido ambiental en actividades según el Real Decreto 1367/2007

1. Introducción y objetivos

En la presente práctica se realizará una medida de ruido ambiental de una actividad siguiendo los pasos estipulados en el REAL DECRETO (RD) 1367/2007 para el caso de emisores acústicos. En particular, el objetivo de esta práctica es elaborar un Informe de Declaración de Conformidad con respecto a dicho RD. El caso a analizar es la concesión de una licencia de apertura de hostelería para un local destinado a cafetería/bar.

A lo largo de este enunciado se plantean diversas tareas para el alumno. Algunas de ellas han de llevarse a cabo DE FORMA PREVIA a la realización de la práctica para asegurar un máximo aprovechamiento de las horas de laboratorio.

2. Materiales

En la práctica hará uso de los siguientes materiales:

- Analizador sonoro en tiempo real Symphonie.
- Calibrador acústico.
- Equipos para simular, en un entorno controlado, la actividad de un emisor acústico (bar-restaurant) colindante con dos locales.

3. Presentación del problema

El local solicitante se sitúa en área residencial, en un bajo que colinda con otros dos locales: uno dedicado a un despacho de abogados, y otro dedicado a una oficina de una Agencia de Viajes. En la Figura 1 se muestra un plano de los diferentes locales de importancia en el problema.

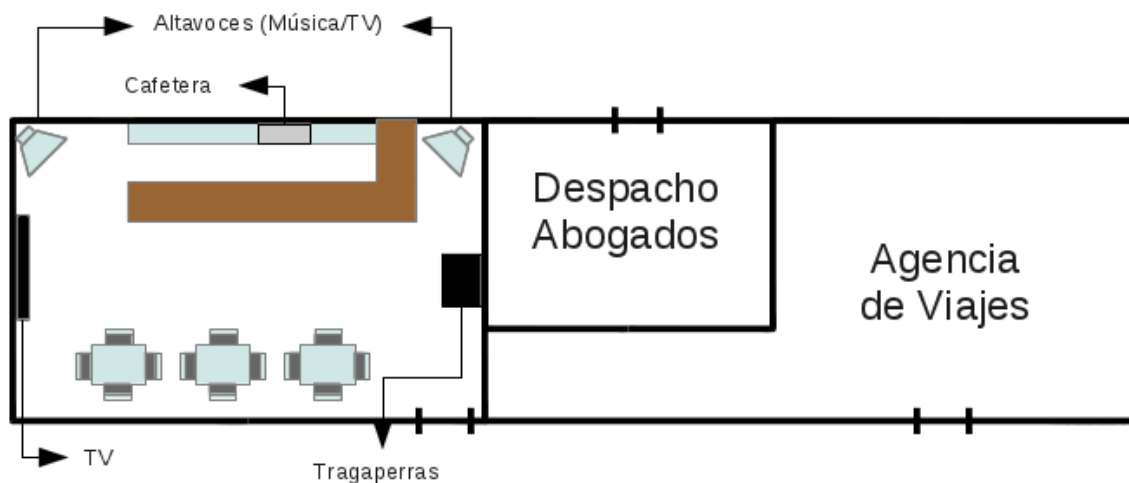


Figura 1 Planos del lugar a estudiar y los locales colindantes

Los horarios de apertura reglamentados por la autoridad competente son desde las 8:00 horas hasta las 1:30 horas de la mañana.

Dada la colindancia con otros locales comerciales, se considera la inmisión de ruido a los últimos como el aspecto clave para la realización del informe de conformidad. Por lo tanto, pueden obviarse en el problema los niveles de ruido medidos en el exterior del edificio.

4. Estudio y análisis de la documentación (A realizar previamente)

4.1. Estudio previo

Consulte y estudie la documentación pertinente (RD 1367/2007) para tener un conocimiento del proceso de medición y realización del informe.

En particular se pide:

1. Localizar y estudiar el artículo que regule la medida de inmisión de ruido debida a emisores acústicos.
2. Identificar las fases y los índices de ruido, así como los valores límite que permitan establecer una decisión de conformidad.
3. Estudiar los métodos de cálculo de los diversos índices de ruido necesarios, de las fases temporales a considerar, así como de las diversas correcciones que pudiesen ser aplicables para cada índice.

4. A partir de los índices de ruido necesarios y de sus correcciones, generar una lista de magnitudes que necesitan ser medidas in situ.
5. A partir de los planos proporcionados, establezca una estrategia preliminar de muestreo temporal y espacial que le permitan obtener las mediciones necesarias para calcular los índices requeridos, normalmente asociados al peor caso posible (mayores niveles de inmisión de ruido). Selección preliminar de las medidas.

4.2. Preguntas

P4.1 ¿Existe alguna limitación con respecto a la posición espacial del punto de medida en los locales colindantes? ¿Y respectiva al estado de puertas y ventanas?

P4.2 Razone la validez de la siguiente afirmación: El punto de medida en un local colindante se sitúa siempre en el punto medio del mismo, pues cumplirá con mayor holgura los requisitos de distancias mínimas a paredes, suelos y ventanas.

P4.3 Para medir la inmisión debida a una fuente se utiliza un muestreo temporal y se generan tres medidas de $T=5\text{seg}$ con valores: $LA^1_{eq,5s}=32\text{ dB(A)}$, $LA^2_{eq,5s}=35\text{ dB(A)}$, $LA^3_{eq,5s}=39\text{ dB(A)}$. ¿Qué conclusiones acerca de la fuente puede extraer de las medidas? ¿Podría obtener el $LA_{eq,5s}$ promedio directamente a partir de estas medidas?

5. Realización de las medidas (A realizar en el laboratorio)

5.1. Medidas a realizar

Esta tarea se realizará in situ con el equipo de medida o sonómetro durante la sesión de laboratorio. En particular, se recomienda realizar los siguientes pasos:

1. Preguntar al dueño del local la utilización que espera dar al local durante las diferentes fases temporales.
2. Complementar y retocar a partir de la información anterior la estrategia de muestreo temporal y espacial para las medidas. Selección definitiva de las medidas a realizar.
3. Realizar las medidas, siguiendo el proceso:
 - a) Activar el almacenamiento de las medidas necesarias para el cálculo de los índices correspondientes.
 - b) Evalúe el ruido de fondo para caracterizar los locales colindantes en ausencia de fuentes de ruido.

- c) Solicitar al dueño el encendido o generación de las fuentes de ruido pertinentes en cada medida considerada, y realizar la propia medida con el sonómetro.
- d) Obtener los resultados de cada medida.

5.2. Preguntas

P4.4 Comente las simplificaciones que, por limitaciones de tiempo, haya realizado en sus medidas y explique cuál sería el proceder en un caso real.

P4.5 ¿Por qué evaluamos el ruido de fondo? ¿Cómo afecta a nuestras medidas?.

6. Elaboración del informe (A realizar con posterioridad)

Esta tarea se realizará con posterioridad a la sesión del laboratorio. El objetivo es generar un informe en el que se establezca declaración de conformidad o no con respecto al documento normativo (RD 1367/2007).

Para ello, se recomienda realizar los siguientes pasos:

1. Implementar los algoritmos necesarios para el cálculo de los diferentes índices de ruido así como las correcciones necesarias. Los algoritmos pueden ser implementados sobre una hoja de cálculo o bien con MATLAB.
2. Calcular los índices/magnitudes asociados para cada medida, aplicar las correcciones necesarias.
3. Estimar los índices promedios correspondientes a las distintas fases temporales e identificar los casos límite que puedan afectar a la declaración de conformidad.
4. Generar el Informe de Conformidad basado en los resultados obtenidos. En dicho informe deberán figurar todos los datos que sustenten las conclusiones del mismo, incluyendo aspectos tales como:
 - a) Definición y modelado de las fuentes de ruido activas en las diferentes fases temporales
 - b) Estimación de los tiempos-tasas de actividad de las distintas fuentes en las fases temporales.
 - c) Muestreo espacial y temporal.
 - d) Selección de los casos extremos.
 - e) Índices de ruido intermedios y finales. Aplicación de los factores de corrección necesarios.

7. Memoria

Se entregará una memoria por grupo de prácticas en la que se incluya:

1. Informe de Conformidad con respecto a la normativa vigente.
2. Software generado (hojas de cálculo, scripts de MATLAB, etc.) para realizar los cálculos de índices y correcciones necesarias.
3. Documentación extra que FUNDAMENTE TODAS las elecciones que ha tomado para elaborar el Informe de Conformidad.
4. Respuestas a las preguntas planteadas en el enunciado.

Práctica 5: Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido en cámara anecoica

1. Introducción y objetivos

La finalidad que se persigue con la realización de la presente práctica es la determinación de los niveles de potencia acústica de dos fuentes de ruido a partir de mediciones de presión acústica, utilizando el método de medida para cámaras anecoicas descrito en la norma UNE-EN ISO 3745:2012 [1].

La medida de la potencia sonora es uno de los parámetros acústicos más importantes, ya que es una característica intrínseca a la fuente acústica, considerando su independencia del entorno y de la distancia a la que se realiza la medida. Así, obtener este valor nos permite:

1. Obtener un diagnóstico de la generación de energía sonora.
2. Predecir niveles de presión sonora, así como la propagación acústica en diferentes entornos.
3. Clasificar maquinaria atendiendo a la potencia radiada.
4. Proponer soluciones de control de ruido.

Por tanto, es de común aplicación su uso en maquinaria industrial, del hogar, etc., de tal forma que pueda evaluarse su influencia en los seres humanos que conviven con ella, y proponerse posibles soluciones en caso de necesidad [2].

2. Materiales

En la práctica cuenta con:

- Analizador acústico bicanal (Symphonie).
- Cámara anecoica.
- Calibrador acústico.
- Fuentes de ruido cuya potencia será evaluada.

3. Medida a realizar

En esta práctica, se realizarán medidas de caracterización de dos fuentes que abarcan dos aspectos importantes de aplicación. Por un lado, se caracterizará una reproducción del sonido de una lavadora doméstica y, por otro, se realizarán medidas de certificación de una fuente para su uso como equipo de emisión de ruido en medidas de aislamiento acústico de fachadas.

El cálculo del nivel de potencia sonora de las fuentes de ruido se realizará utilizando un número de medidas inferior a las 20 que se definen como medidas iniciales en la norma UNE-EN ISO 3745:2012, por motivos de tiempo.

La Figura 1 muestra el montaje y número de medidas que se realizarán para cada una de las fuentes de ruido que serán evaluadas.

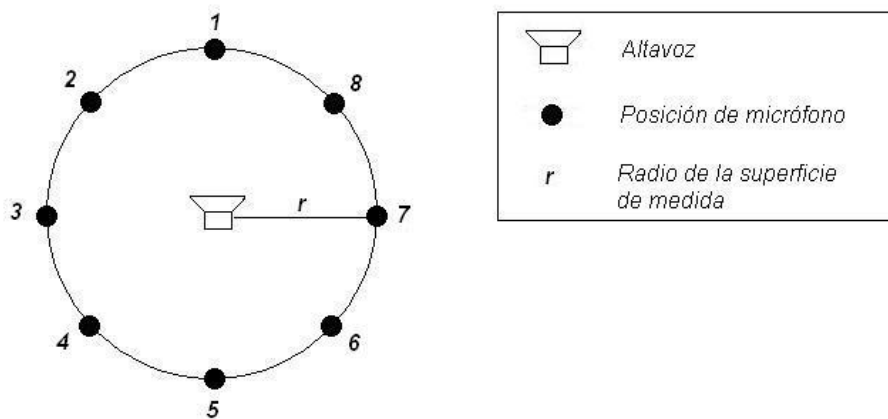


Figura 1. Diagrama con la disposición de la fuente y medidas a realizar.

En el caso de la fuente que simulará una lavadora doméstica, se utilizará un altavoz de gran tamaño (Fuente A), mientras que se utilizará un altavoz de tamaño mediano (Fuente B) para su estudio como fuente en medidas de aislamiento acústico de fachadas. Para realizar estas simulaciones, se dispondrá de:

1. CD con sonidos de lavadora.
2. Dispositivo generador de ruido.
3. Equipo de amplificación de sonido.
4. Equipo reproductor de disco óptico.
5. 2 altavoces.

a) Altavoz grande (medidas en Figura 2).

- b) Altavoz mediano (las medidas del paralelepípedo de referencia se realizarán en el laboratorio).

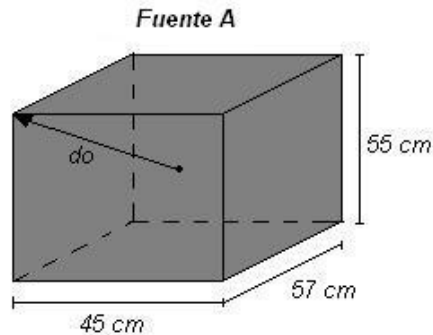


Figura 2. Esquema con las medidas del paralelepípedo de referencia de la Fuente A.

4. Realización de la práctica

4.1. Requisitos previos

Para la realización de la práctica es necesario calcular previamente, en el laboratorio, el radio r **mínimo** de la superficie esférica de medida para la Fuente A, siguiendo con las especificaciones señaladas en la norma UNE-EN ISO 3745:2012 y siendo $d_0 = 45,55$ cm.

Para el caso de la Fuente B, el parámetro r se obtendrá a partir de las medidas de paralelepípedo de referencia que se realicen durante el desarrollo de la práctica.

4.2 Configuración del software de medida

En la sección de configuración del software dBTRIG, deberán establecerse los parámetros pertinentes para la medición cumpliendo con los criterios establecidos en la UNE-EN ISO 3745:2012. Concretamente, se pretenden obtener medidas de presión sonora en bandas de tercio de octava, así como el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (LA_{eq}) durante un intervalo temporal de 30 segundos. Utilice los conocimientos adquiridos en prácticas anteriores para la correcta configuración de dBTRIG.

4.3 Realización de la medida

4.1.1 *Comprobación inicial de la calibración del micrófono*

Previo a la realización de las medidas, deberá verificarse la sensibilidad del micrófono con un calibrador.

4.1.2 *Medida del ruido de fondo*

Antes de iniciar el funcionamiento de las fuentes, es necesario medir el ruido de fondo en la cámara anecoica.

4.1.3 *Medidas para la estimación de la potencia acústica*

El procedimiento a realizar para cada una de las dos fuentes que se caracterizarán en la práctica es:

1. Para cada medida:
 - a) Ubicación del micrófono en una posición de medida, utilizando la r calculada.
 - b) Utilización del software dBTRIG para la obtención de datos.
2. Utilización del software dBTRAIT para extraer los datos en una unidad de almacenamiento para su posterior procesamiento.

4.1.4 *Comprobación final de la calibración del micrófono*

Finalmente, se comprobará la calibración del equipo de medida, siguiendo la misma sistemática que en el caso de la calibración inicial. Adicionalmente, se verificará que la diferencia entre ambas verificaciones (inicial y final) es inferior a 0.5 dB.

5. Preguntas acerca de la práctica

Para los cálculos, se considerarán las siguientes condiciones meteorológicas:

Temperatura del aire : 22 °C.

Humedad relativa : 50 %.

Presión atmosférica : 101.325 kPa.

P5.1 ¿Cumple la distribución de micrófonos empleada con la norma UNE-EN ISO 3745:2012?

P5.2 ¿Cumple la cámara anecoica en cada caso con los criterios establecidos para ruido de fondo en la norma UNE-EN ISO 3745:2012?

P5.3 A la vista de los cálculos realizados para estimar la potencia acústica, enumere las distintas componentes a tener en cuenta en la estimación de la incertidumbre de medida, explicando cómo procedería al cálculo de dicha estimación.

P5.4 ¿Es posible obtener el diagrama de directividad de las fuentes utilizando el procedimiento de medida descrito en la UNE-EN ISO 3745:2012? Y al contrario, ¿sería posible ahorrarse este procedimiento si se dispusiese de dicho diagrama?

P5.5 La norma 140-5 para medida de aislamiento a ruido aéreo de fachadas [3] establece que la fuente de emisión de ruido debe cumplir, entre otros, con los siguientes requisitos:

“Se debe generar un campo sonoro estacionario con un espectro continuo en el rango de frecuencias considerado. Si las mediciones se hacen en bandas de tercio de octava, se deben usar como mínimo las bandas de frecuencia centrales desde 100 Hz hasta 3150 Hz, y preferiblemente desde 50 Hz hasta 5000 Hz. [...] Además las diferencias de niveles de potencia sonora entre las bandas de tercio de octava que forman una octava no deben superar 6 dB en la banda de octava de 125 Hz, 5 dB en la banda de 250 Hz, y 4 dB en las bandas superiores”

¿Cumple la fuente pensada para medidas de aislamiento con la normativa? En caso de incumplimiento, ¿qué solución podría tomarse para adaptarla a tal fin?

6. Memoria

Para cumplir con el objetivo marcado, deberán realizarse las medidas pertinentes con el dispositivo experimental propuesto y presentar una memoria explicativa de la realización de la práctica que contenga, al menos, los siguientes aspectos:

1. Procedimiento de cálculo de r .
2. Medidas realizadas.
3. Cálculo del nivel de presión acústica superficial $\overline{L_p}$ y el nivel de potencia de las dos fuentes L_w a partir del LA_{eq} .
4. Cálculo del nivel de presión acústica superficial $\overline{L_p}$ y el nivel de potencia de las dos fuentes L_w a partir de las medidas en bandas de tercio de octava.
5. Comparación de los resultados obtenidos mediante las medidas ponderadas y las obtenidas en bandas de tercio de octava para las dos fuentes.
6. Respuestas a las cuestiones teóricas propuestas.

7. Referencias

[1] UNE-EN ISO 3745, “Acústica. Determinación de los niveles de potencia acústica de fuentes de ruido a partir de la presión acústica. Métodos de laboratorio para cámaras anecoicas y semi-anecoicas”, Octubre 2012.

[2] A. Montoya, S. Rolón y R. Pesse. “Caracterización de campos sonoros utilizando una sonda intensimétrica p-p”, CADA E, 2006.

[3] UNE-EN ISO 140-5, “Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y fachadas”, Mayo 1999.

Práctica 6: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales y del aislamiento acústico de suelos al ruido de impacto

1. Introducción y objetivos

La finalidad que se persigue con la realización de la presente práctica consiste en la determinación del aislamiento al ruido aéreo entre dos locales y el aislamiento de un suelo al ruido de impacto. Para ello, se hará uso de los métodos de estimación definidos en las normas UNE-EN ISO 140-4:1999 [1] para el caso del aislamiento al ruido aéreo y UNE-EN ISO 104-7:1999 [2] para el aislamiento al ruido de impacto.

2. Materiales

En la práctica hará uso de los siguientes materiales:

- Analizador en tiempo real Symphonie.
- Calibrador sonoro.
- Fuente dodecaédrica.
- Amplificador de potencia.
- Generador de ruido rosa/blanco
- Máquina de impactos

3. Medida a realizar

Para la consecución del objetivo planteado para la práctica, se realizará la caracterización del aislamiento al ruido aéreo entre el hall del laboratorio de acústica (7.1.J10) y el propio laboratorio y la caracterización del aislamiento acústico del ruido de impacto del suelo que comparten. Por comodidad en la medición, se considerará como recinto emisor el hall, mientras que el laboratorio será considerado como el recinto receptor.

La colocación para realizar las medidas tanto de las fuentes (dodecaédrica y máquina de impactos) como de los micrófonos será tarea de cada grupo, cumpliendo siempre con las recomendaciones para la obtención de campo difuso que se especifican en las normas UNE-EN ISO 140-4:1999 y UNE-EN ISO 140-7:1999.

4. Realización de la práctica

4.1. Medida del tiempo de reverberación

La medida del tiempo de reverberación del recinto receptor se llevará a cabo según el método de ruido interrumpido resumido en [1] y [2].

Este procedimiento contempla al menos 2 medidas de la caída del nivel de presión sonora en, como mínimo:

- 1 posición de altavoz.
- 3 posiciones de micrófono.

4.2. Medida de aislamiento al ruido aéreo entre locales

Para la realización de esta medida, se seguirá el procedimiento descrito en la norma UNE-EN ISO 140-4:1999, considerando que se cuenta con una fuente dodecaédrica y un micrófono fijo conectado a un canal del analizador sonoro.

Será tarea de cada grupo decidir el número de medidas y posiciones tanto de micrófono como de fuentes necesarias para la realización de la medida.

4.3. Medida de aislamiento al ruido de impacto

Para la realización de esta medida, se seguirá el procedimiento descrito en la norma UNE-EN ISO 140-7:1999, que contempla al menos 6 medidas utilizando:

- 4 posiciones de máquina de impactos.
- 4 posiciones de micrófono.

Como ejemplo, estas 6 medidas se pueden realizar siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 1, extraído de la norma UNE-EN ISO 140-14:2004 [3].

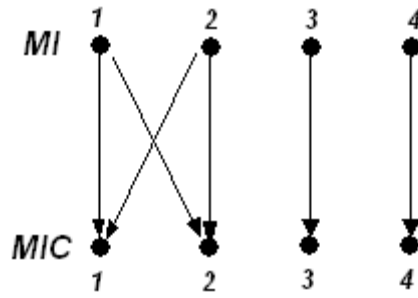


Figura 1. Esquema de combinaciones de posiciones de emisor (MI) y micrófono (MIC).

5. Preguntas acerca de la práctica

P6.1 Las normas UNE-EN ISO 717-1:1997 y UNE-EN ISO 717-2:1997 establecen una curva de referencia que permite calcular un índice único para valorar el aislamiento en lugar de un espectro en frecuencia. ¿Sabría decir por qué la curva de referencia presenta esas tendencias?. Para ello, busque información sobre la caracterización del aislamiento acústico de soluciones constructivas, en base a su composición. ¿Qué diferencias incluyen las nuevas versiones de 2013 de dichas normas?

P6.2 La máquina de impactos está normalizada conforme a la norma UNE-EN ISO 140-7:1999. Explique por qué es necesaria esta normalización y en qué afectaría en las medidas obtenidas el incumplimiento de este requisito.

P6.3 La elección del recinto emisor ha sido por conveniencia. ¿Cuál habría seleccionado de no tener ninguna limitación? ¿Por qué?

P6.4 La norma UNE-EN ISO 140-14:2004 describe un procedimiento para caracterizar la contribución de la máquina de impactos al ruido aéreo en el local receptor. Utilizando la medida proporcionada (*nivelPresionImpactosL1.xls*) junto con el resto de medidas realizadas en la práctica, obtenga el valor de $L'_{nT}(f)$ considerando la afección del ruido aéreo de la máquina. Consulte dicha normativa y argumente los cálculos realizados.

6. Memoria

Para cumplir con el objetivo marcado, deberán realizarse las medidas pertinentes con el dispositivo experimental propuesto y presentar una memoria explicativa de la realización de la práctica que contenga, al menos, los siguientes aspectos:

1. Esquema con la localización de los puntos tanto de emisión de ruido como de medida del mismo.
2. Cálculos y medidas utilizadas para la estimación del parámetro $D_{nT}(f)$ y el valor único $D_{nT,w}$ (obtenido siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE-EN ISO 717-1:1997 [4]) de medida de aislamiento al ruido aéreo.
3. Cálculos y medidas utilizadas para la estimación del parámetro $L'_{nT}(f)$ y el valor único $L'_{nT,w}$ (obtenible siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE-EN ISO 717-2:1997 [5]) de medida de aislamiento al ruido de impacto.
4. Herramientas software utilizadas para la realización de los cálculos (Excel, MATLAB, etc.).
5. Respuestas a las preguntas planteadas anteriormente.

7. Referencias

- [1] UNE-EN ISO 140-4, “Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales”, Abril 1999.
- [2] UNE-EN ISO 140-7, “Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 7: Medición “in situ” del aislamiento acústico de suelos al ruido de impacto”, Mayo 1999.
- [3] UNE-EN ISO 140-14, “Acústica. Medición del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos de construcción. Parte 14: Directrices para situaciones especiales “in situ””, Mayo 2005.
- [4] UNE-EN ISO 717-1, “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento al ruido aéreo.”, Agosto 1997.
- [5] UNE-EN ISO 717-2, “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento al ruido de impactos”, Septiembre 1997.